Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 2, Summer 2022, p. 329-342

Effect of Grafting and Water Stress on Yield, and Morpho-Physiological Root Properties of Greenhouse Cucumber

R. Azarmi[1], Y. Hoseini[2]*

Received: 28-09-2019 Revised: 19-12-2020 Accepted: 08-09-2021 Available Online: 21-08-2022	**How to cite this article:** Azarmi R., and Hoseini Y. 2022. Effect of Grafting and Water Stress on Yield, and Morpho-Physiological Root Properties of Greenhouse Cucumber. Journal of Horticultural Science 36(2): 329-342. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/JHS.2021.61641.0

Introduction

Cucumber is one of the important greenhouse vegetables in Iran and the world. This product, in Iran, has the largest area under cultivation in comparison with other greenhouse vegetables, and according to the statistic in 2020, the Office of herbs, vegetables and ornamental plants Ministry of Agriculture, the greenhouse cucumbers area under cultivation in Iran is 15000 ha. Cucumber is the product of warm and temperate season (with mild winters) and is very sensitive to adverse environmental conditions and even rare changes in soil moisture content will have a significant adverse effect on its growth and yield. Cucumber root is shallow, it is fibrous, and its shallow root causes its sensitivity to drought so that its main root penetrates 5–10 cm in heavy soil and 20-30 cm in light soils. This plant has an extensive and almost thin root system that has the possibility of expansion in a wide range horizontally, and, therefore, it can produce mass root, at the depth of 30 cm. In order to study the effect of grafting and water stress on morphological characteristics greenhouse cucumber (*Cucumis sativus L*), an experiment was conducted as complete randomized block design with three replications.

Materials and Methods

This research has been carried out in the city of Pars-Abad, Ardabil province, Iran. The longitude of Pars-Abad is 47°55′ E, latitude is 39°38′ N, and its height distance sea level is 32 meters. This research was done in the greenhouse of the Moghan Agriculture and Natural Resources Faculty in a complete randomized block arranged in split plot with three replications. To determine the characteristic curve of soil moisture, soil samples was selected and the weight moisture percentage at pressures of -0.3, -5, -10 and -15 bar, which include the important potential of the soil, was determined by using Pressure plate's apparatus and soil moisture characteristic curve was mapped and soil parameters characteristic curve was determined. this study, the main factor included water stress in three levels of 90, 60 and 40% field capacity and the secondary factor included three rootstocks of Shintoza cucurbits (*Cucurbita moschata* × *Cucurbita maxima*), Flexi Fort cucurbits (*Cucurbita moschata* × *Cucurbita maxima*, cucumber varieties Nagen 972 (*Cucumis sativus* L.) self-grafted and check (ungrafted) cucumber varieties Nagen was studied as a scion. In this study, the grafting method of hole insertion was used as the best grafting method for Cucurbitaceous.

Results and Discussion

Duncan test results showed that with increasing stress, the diameter of the main root, at the rootstocks of Shintoza and Flexi Fort, increased almost twice as much as the control. The results showed an approximately 3 times increase in the yield, at the rootstocks of cucurbits at different levels of stress and it had a significant positive relationship at 1% level with the length, diameter and weight of root. The highest yield related to the Flexi Fort rootstocks was obtained 2.99 kg per plant in the water stress condition 90% of field capacity and then

1- Assistant Professor of College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Associate Professor of Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(*- Corresponding Author Email: y_hoseini@uma.ac.ir)

Shintoza rootstocks ranked second with 2.617 kg per plant, at 60% water stress. The maximum water use efficiency related to Shintoza rootstocks was at 32% and Flexi Fort rootstocks, Nagen and control, were respectively 30, 22 and 36% of Potential evapotranspiration.

Conclusion

The results showed that, with increasing water stress, unlike the control, which was associated with decreasing linear trend of yield, Treatments with cucurbits grafting at Shintoza and Flexi Fort rootstock, faced with increased water stress, from 40 % to 90 % of field capacity by minor reducing of product. This can be due to increasing root uptake parameters such as length, weight and length of the main root in these Treatments. Correlation analysis showed a significant relationship at **P<0.01 level between a percentage of roots and yield. The results in all applied water stress also showed a high yield of grafted treatments about three times more than the control. Reducing the yield sensitivity factor in cucurbits Treatments, causes the plant could maintain its performance in irregular watering that encounter the plant with tension. The high water use efficiency in cucurbits Treatments shows that it is possible to perform economic optimization in the production based on water consumption scarcity of water.

Keywords: Grafting, Greenhouse cucumbers, Root, Water stress, Yield

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص۳۴۲-۳۲۹

اثر پیوند و تنش آبی بر عملکرد و خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی ریشه خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativus* L.)

رسول آذرمی[۱]- یاسر حسینی[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷

چکیده

برای بررسی تاثیر پیوند و تنش آبی بر خصوصیات مورفولوژیکی ریشه و عملکرد خیار گلخانـه‌ای، (*Cucumis sativus* L. var. Nagen 972)، آزمایشی به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل پایه‌های 'فلکسی فورت'، 'شینتوزا'، ' ناگن' و بدون پیوند یا شاهد بود و تنش‌های خشکی در سه سطح ۹۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال گردید. نوع پیوند مورد استفاده حفره‌ای بود. نتـایج نشان‌داد تعداد برگ، تعداد ریشه‌جانبی، محتوای کلروفیل و درصد نشت الکترولیت در گیاهان آبیاری شده با ۹۰ درصـد ظرفیـت زراعـی بـه ترتیـب ۴۱، ۱۳۱۰ و ۱۶ درصد بیشتر از تنش آبی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود. تعداد برگ، غلظت کلروفیل به‌ترتیب در پایه‌های کدوی 'فلکسی‌فورت' و 'شـینتوزا' تقریباً ۲۱ و ۹ درصد بیشتر از گیاهان غیرپیوندی بود. درحالی‌که بیشترین نشت الکترولیت در پایه غیرپیوندی مشاهده گردید. بیشترین عملکـرد، وزن‌تـر ریشه و طول ریشه و هدایت روزنه‌ای برگ در پایه 'فلکسی فورت' آبیاری شده با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن‌ها در گیاهان غیرپیوندی آبیاری شده با ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. لذا می‌توان گفت که گیاهان پیوند شده بر روی پایه‌های 'فلکسی‌فورت' و 'شینتوزا' نسبت به پایه 'نـاگن' و حالت غیرپیوندی در شرایط تنش آبی ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی رشد و عملکرد بهتری داشتند.

واژه‌های کلیدی : پیوند، تنش رطوبتی، خیار گلخانه‌ای، عملکرد، ریشه

مقدمه

کمبود آب (که معمولاً خشکی نامیده می شود) می تواند به عنوان عدم وجود رطوبت کافی و ضروری برای گیاه به منظور رشد نرمـال و تکمیـل چرخـه زنـدگی تعریـف شـود (Buttaro *et al.*, 2015، Fotoohie Ghazvini *et al.*, 2011). خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L.، یکی از سبزی‌های گلخانـه‌ای مهـم در ایـران و جهـان می‌باشد که سطح زیر کشت آن در ایران ۷۴۱۴ هکتار می‌باشـد. ریشه خیار سطحی بوده و حالت افشان دارد و سطحی بودن ریشه آن باعث حساسیت آن به خشکی گردیده است (An and Liang, 2013). مطالعات زیادی برای بهبود کارایی مصرف آب در گیاهان مختلف با کاربرد استراتژی‌های جدید به منظور کاهش آب مصرفی و بـا حداقل تـــاثیر روی عملکرد گیاه انجام شده است. از جمله این استراتژی‌ها پیوند گیاهان علفی بر روی پایه های سازگار و مناسب می باشد. پیونـد روی پایه ها، روشی برای کاهش خسارت در تولیـد محصـول و بهبـود کارائی مصرف آب تحت شرایط خشکی می‌باشد کـه موجـب کـاهش اثرات منفی تنش‌خشکی بر گیاهان می‌شـود (Lopez *et a.l*, 2004). پیوند عملی زمانبر، نیازمند ماده ژنتیکی مناسـب و تجربـه لازم بـرای انجام ایـن تکنیـک مـی باشـد. اخیـراً از تکنیـک پیونـد بـرای تولیـد سبزی‌های مقاوم در برابر تنش‌های غیرزنده از قبیل شوری، خشکی و کمبود عناصر معدنی استفاده شده است (Colla *et al.*, 2010). پیوند سبزی‌ها در تیره کدوسانان برای اولین بار توسط پژوهشگران ژاپنی با پیوند هندوانه روی پایه کدو آغـاز گردیـد (Lee, 1997 & 1994). در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولـوژی، اسـتفاده از پایـه هـای مقـاوم و کاشت سبزی های پیوندی در کشورهای ژاپن و کره گسـترش خـوبی یافته است پیوند سبزی هایی مانند خیار، هندوانه و گوجـه فرنگـی بـر روی پایه‌های مختلف باعث افزایش رشد رویشی بوته و سرانجام بـالا

۱- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: y_hoseini@uma.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.61641.0

بردن عملکرد میوه می‌گردد (Davis *et al.*, Cakir *et al.*, 2017 ; Edelstein *et al.*, 2004 ;2008). مطالعات نشان داده است که یکی از راه‌های کاهش هدررفت در تولید و بهبود کارائی مصرف آب تحت شرایط خشکی در ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا، پیوند آن‌ها روی پایه‌های مقاوم به تنش آبی می‌باشد (Simsek *et al.*, 2004 ; Rouphael *et al.*, 2010). پایه شینتوزا و فلکسی‌فورت یک هیبرید از تلاقی کدوتنبل و کدو حلوایی است که گیاهان قوی با سیستم ریشه قدرتمند می‌باشد که با گیاه پیوند شده تداخل ایجاد نمی‌کند و همه خصوصیات کیفی میوه و عملکرد میوه حفظ می‌شود این پایه ها مقاوم به بیماری‌های خاکزی بوده و به نسبت به تنش‌های محیطی مقاوم هستند (Doorenbos *et al.*, 1979). بررسی‌ها روی رشد و عملکرد خیار پیوندی در بسترهای مختلف کشت بدون خاک نشان داد که گیاهان پیوندی دارای ساقه‌های بزرگ‌تر و سیستم ریشه قویتری بوده و عملکرد را تا ۲۰ ٪ افزایش می‌دهند. دیویس و همکاران (Davis *et al.*, 2008) گزارش کردند که پایه‌های مختلف خصوصیات کیفی خیار پیوندی ازقبیل شکل، رنگ پوست و گوشت، بافت، سفتی و مواد جامد میوه را تحت تاثیر قرار داد. در تحقیقی که توسط فرهادی و همکاران (Farhadi *et al.*, 2016) انجام شد اثر پایه‌های مختلف را بر عملکرد خیار گلخانه‌ای بررسی گردید، در این تحقیق تفاوت چندانی بین عملکرد خیار گلخانه ای با پایه کدو شینتوزا[1] و تیمار شاهد مشاهده نگردید. در پاره‌ای از تحقیقات انجام شده، میزان عملکرد خیار گلخانه‌ای در شرایط پیوند با کدوییان کمتر از تیمارهای بدون پیوند گزارش شده است. مقاومت ریشه خیار گلخانه‌ای به گره‌های نماتد ریشه و همچنین عملکرد خیار گلخانه‌ای با استفاده از پایه شینتوزا و استرانتوزا[2] افزایش می‌یابد همچنین با تشدید کم آبیاری، شوری خاک افزایش می‌یابد و بیشترین نسبت تولید به ازای واحد آب مصرفی در تیمار ۴۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه بدست آمد (Al-Debei *et* Alomran *et al.*, 2013 ; *al.*, 2012). عامر و همکاران (Amer *et al.*, 2013) نشان دادند که عملکرد خیار گلخانه‌ای با افزایش تنش رطوبتی به صورت خطی کاهش می‌یابد. کارایی مصرف آب[3]، با کاربرد بیشتر مقدار آب تا مرحله میوه‌دهی کاهش می‌یابد لیکن از مرحله میوه‌دهی به بعد افزایش نشان می‌دهد (Mao *et al.*, 2003). ایاز و دمیرتاش (Ayas and Demirtaş, 2009) گزارش کردند که تنش رطوبتی به میزان ۱۰۰، ۷۵، ۲۵و صفر در صد تبخیر از تشتک کلاس A اعمال گردید، میزان عملکرد خیار گلخانه‌ای به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت و میزان فاکتور عملکرد گیاه (K_y) برابر ۱/۲۱۳ برآورد گردید. همانطور که اشاره شد مطالعاتی در رابطه با اثر تنش رطوبتی و پیوندهای مختلف کدوییان به طور مجزا بر روی عملکرد خیار گلخانه ای صورت گرفته است، لیکن تاثیر توامان آن‌ها یعنی کشت در شرایط پیوند و اعمال تنش‌های خشکی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که یکی از اهداف پیوند خیار گلخانه‌ای با کدوییان افزایش مقاومت آن به تنش رطوبتی می‌باشد، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر پایه‌های شینتوزا، فلکسی‌فورت و خود خیار بر مقاومت به تنش آبی خیار گلخانه‌ای می‌باشد.

1- Shintoza
2- Strongtosa
3- Water use efficiency

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای تحقیق

این تحقیق در شهرستان پارس‌آباد استان اردبیل با طول جغرافیائی '۵۵°۴۷ شرقی و عرض جغرافیای '۳۸°۳۹ شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۳۲ متر اجرا گردید. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب موقعیت منطقه مورد مطالعه و منحنی مشخصه رطوبتی خاک را نشان می دهند. خاک مورد استفاده برای کشت از زمین زراعی موجود در محوطه دانشکده کشاورزی مغان انتخاب گردید و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه، تعیین شد (جدول ۱).

مشخصات طرح

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این پژوهش، فاکتور اصلی شامل تنش‌های رطوبتی در ۳ سطح ۹۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه بود و فاکتور فرعی شامل سه پایه، کدو شینتوزا (*Cucurbita moschata* ×*Cucurbita maxima*)، کدو فلکسی فورت (*Cucurbita maxima*× *Cucurbita moschata*)، خیار ناگن (*Cucumis sativua var. Nagen 972*) و بدون پیوند (خیار رقم ناگن ۹۷۲ (*Cucumis sativus*) بود. در این آزمایش از رقم تجاری ناگن ۹۷۲ به‌عنوان پیوندک استفاده شد. بذرهای خیار گلخانه‌ای ناگن و پایه فلکسی‌فورت و شینتوزا از شرکت بهتا تهیه گردید. برای جوانه‌زنی، بذرهای پایه فلکسی‌فورت و شینتوزا چهار روز پیش از بذر خیار ناگن در سینی‌های کشت حاوی پیت‌موس در اوایل فروردین سال ۱۳۹۵کشت شدند. دانهال‌های پایه و پیوندک با ظهور اولین برگ‌های حقیقی، برای عملیات پیوند حفره‌ای راسی آماده شدند. برای انجام پیوند پس از حذف برگ‌های حقیقی پایه، سوراخی به عمق ۱/۵ سانتی‌متر در راس گیاهچه ایجاد گردید و سپس ساقه پیوندک را به فاصله ۱/۵ سانتی‌متر از برگ‌های لپه‌ای قطع نموده و پس از حذف پوست سطحی نوک آن را به‌صورت گوه درآورده و در داخل حفره ایجاد شده در ساقه پایه قرار داده شد (شکل ۳).



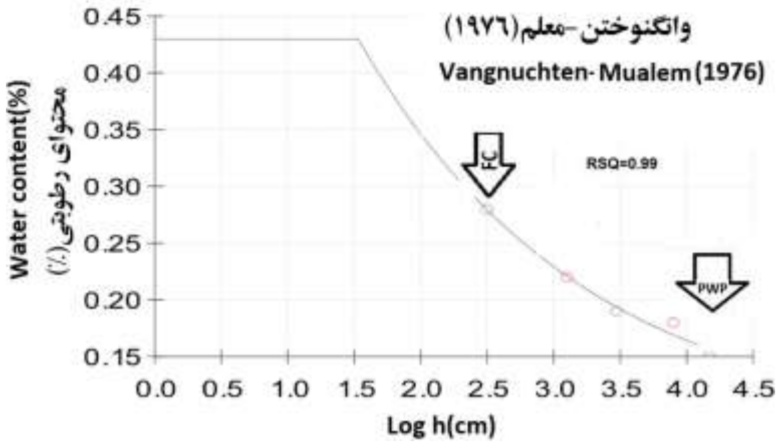
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهر پارس‌آباد

Figure 1– Schematic photo of study area in Pars Abad city

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه

Table 1– Physical and chemical properties of the soil samples form the studied area

بافت خاک Texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	چگالی حقیقی Actual Density (g.cm^{-3})	چگالی ظاهری Bulk density (g.cm^{-3})	درصد نیتروژن Total Nitrogen Value (%)	درصد مواد آلی Organic Carbon (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH	فسفر P (ppm)
لومی رسی Clay - Loam	33	30.7	36.3	2.25	1.56	7.6	1.05	1.1	7.76	8.43



شکل ۲- منحنی مشخصه رطوبت حجمی خاک به همراه نقاط پتانسیلیPWP و FC

Figure 2- Soil moisture content characteristic curve with PWP and FC potential points

دانهال‌های پیوندی به اتاقک رشد تاریک با دمای ۲۸ درجه سلسیوس منتقل شدند. میزان رطوبت نسبی در سه روز اول پس از

پیوند ۹۵ درصد، در سه روز دوم ۸۵ درصد و در سه روز سوم ۷۰ درصد تنظیم شد (Castelli *et al.*, 1996). پس از گذشت دو هفته از زمان پیوند، پس از آماده سازی زمین و کرت‌ها، دانهال‌های پیوندی و غیرپیوندی از اتاقک رشد به گلخانه منتقل و با تراکم ۲/۵ بوته در متر مربع کشت و بی درنگ آبیاری شدند. در این آزمایش جهت تعیین رطوبت حجمی خاک از دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتال مدل PMS-714 استفاده شد و کاهش رطوبت خاک در تیمار آبیاری نسبت به درصد ظرفیت زراعی مورد نظر تامین گردید که بدلیل نداشتن تلفات رواناب و نفوذ عمقی برابرتبخیر وتعرق درنظر گرفته شد. مدت زمان لازم از زمان پیوند تا پایان عمل مقاوم سازی و آماده شدن دانهال های پیوندی جهت کشت در محل اصلی، ۲۰ روز به طول انجامید (شکل ۳). با آماده شدن دانهال‌های پیوندی و غیرپیوندی، سه کرت با ابعاد ۳/۵×۱/۵ متر در گلخانه پلاستیکی آماده شدند. بوته ها به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر بر روی ردیف‌های با فاصله ۱/۵ متر نشاکاری شدند (شکل ۴). آبیاری گیاهان با روش آبیاری قطره‌ای انجام شد و سایر مراقبت‌های لازم طبق معمول پرورش خیارهای گلخانه ای به‌عمل آمد.

برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی ریشه در پایان آزمایش، بوته خیار از طوقه کف بر شده سپس گوادل‌هایی حفر شده و با دقت ریشه از خاک در آورده شد. قطر ریشه اصلی به وسیله کولیس دیجیتالی از نه نقطه از بخش تحتانی، وسط و بخش فوقانی ریشه انجام گرفت. برای اندازه گیری وزن تر ریشه، ریشه به دقت از خاک جمع‌آوری و با آب شسته شد و سپس وزن آن توسط ترازو قرائت شد. طول ریشه اصلی و ارتفاع بوته توسط سانتی‌متر پارچه‌ای به ثبت رسید. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل اسپد، سه برگ تازه توسعه یافته از هر گیاه انتخاب و از هر برگ سه بار از نقاط مختلف برگ و در مجموع به تعداد نه مرتبه با کلروفیل‌متر اسپد (SPAD Minolta, Japan) قرائت گردید و سپس میانگین آن‌ها، به عنوان شاخص کلروفیل در هر تیمار، ثبت گردید. هدایت روزنه‌ای برگ به‌وسیله دستگاه پرومتر برگ (Eijkelkamps, Neherlands) از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته از ساعت ۱۰ الی ۱۲ بر حسب میکرومول برمتر مربع بر ثانیه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان پایداری غشای سلولی(نشت الکترولیت‌ها از سلول) به ترتیب براساس مراحل زیر انجام شد. سه برگ جوان و توسعه‌یافته از هر بوته انتخاب و با قرار دادن در داخل کیسه‌های پلاستیکی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. از سه برگ به تعداد ۱۲ دیسک یکسان دیسک تهیه و در ۱۰ ملی لیتر آب دیونیزه غوطه ور شدند. پس از ۲۴ ساعت که فالکن‌ها در تاریکی قرار گرفتند هدایت الکتریکی نمون‌ها توسط دستگاه EC مترقرائت شد. نمونه‌ها را به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از سرد شدن، هدایت الکتریکی آن‌ها دوباره ثبت شدند. در نهایت درصد نشت الکترولیت از رابطه زیر محاسبه می‌گردد(Zhao *et al.*, 2007).

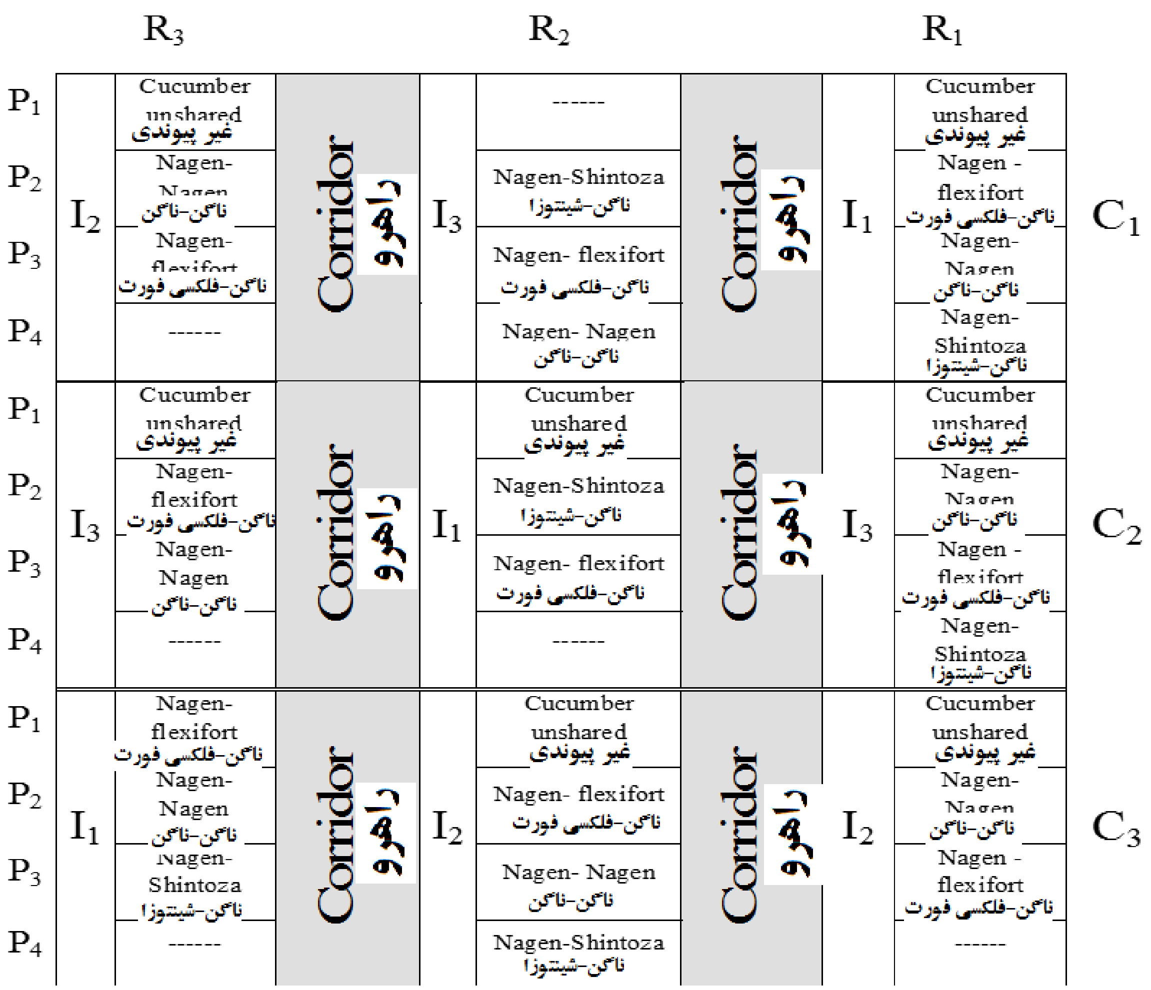
$$EL(\%)=(EC_0/EC_1+EC_1)*100 \quad (۱)$$

در این رابطه، CMS: نشت الکترولیت‌ها از سلول، EC_0: هدایت الکتریکی قبل از اتوکلاو و EC_1: هدایت الکتریکی بعد از اتوکلاو می‌باشد. برداشت میوه ۴۵ روز پس از انجام پیوند شروع و به مدت دو ماه میوه‌ها سه بار در هفته برداشت شدند و وزن هر میوه برای تعیین عملکرد ثبت گردید. ارزیابی آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 21، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با Excel 2010 صورت گرفت.



شکل ۳- نهال‌های پیوندی خیار قبل از کشت در گلخانه پلاستیکی

Figure 3- Grafted seedlings of cucumber before planting in a plastic greenhouse



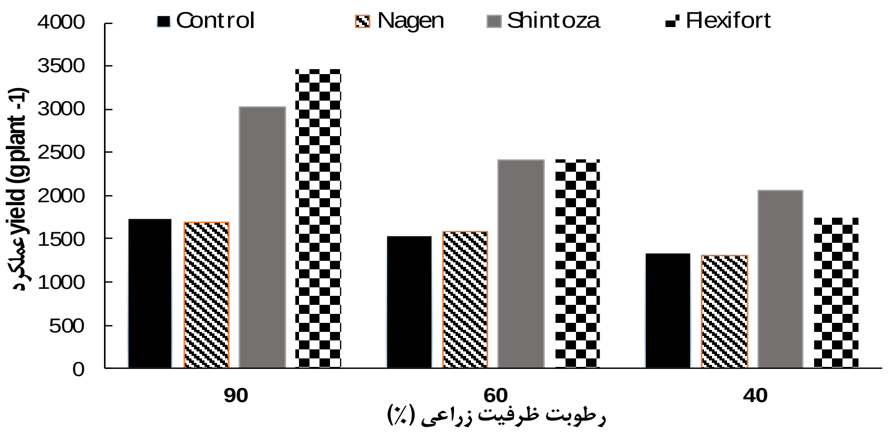
شکل ۴- نقشه شماتیک طرح آزمایشی

Figure 4- The schematic design of the project pilot

نتایج و بحث

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که اثر ساده تنش آبی و پیوند و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد بازارپسند میوه معنی‌دار بود (شکل ۵). کاهش منطقی میزان عملکرد در تیمار شاهد با افزایش تنش رطوبتی مشاهده گردید به طوری که با تشدید تنش رطوبتی از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان عملکرد تقریبا ۶۵ درصد کاهش یافت در حالیکه در پایه ناگن تغییر محسوسی در میزان عملکرد با افزایش تنش مشاهده نگردید. در پایه کدوییان با افزایش تنش رطوبتی از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد، کاهش عملکرد نسبتا مشخصی دیده می شود لیکن با افزایش تنش رطوبتی تا ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، این کاهش عملکرد جبران شده و میزان عملکرد مجددا افزایش می‌یابد و در پایه فلکسی فورت میزان عملکرد حتی از تنش رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی نیز بیشتر می‌شود. همانطور که نتایج نشان می دهد جبران خسارت ناشی از تنش در پایه کدوییان در تنش‌های بالاتر بهتر نمایان می‌گردد. بیشترین عملکرد مربوط به پایه فلکسی فورت در شرایط تنش رطوبتی ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۳/۴۶۵ کیلوگرم در بوته به‌دست آمد و پایه شینتوزا با ۳/۰۳۱ کیلوگرم در بوته در تنش رطوبتی ۹۰ در صد در رتبه دوم قرار گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی مختلف، پایه ناگن تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته است. مارسیک و تاکس (Marsic and Jakse, 2010) که افزایش عملکرد را در پایه‌های کدو به میزان ۲۰ درصد گزارش نموده‌اند، همچنین الدبی و همکاران (Al-Debei *et al.*, 2012) نیز افزایش عملکرد پایه کدوییان را در تولید خیار گلخانه‌ای گزارش نموده‌اند. لیکن نتایج پایه‌های کدو از نظر طول و وزن ریشه تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشته است.



شکل ۵- عملکرد خیار گلخانهای واریته 'Nagen 972' پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف در شرایط مختلف تنش رطوبتی

Figure 5- The yield of greenhouse cucumbers var. 'Nagen 972'grafted on different rootstocks in various levels of water stress (DMRT, *p≤0.05*)

خصوصیات مورفولوژیکی گیاه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده پیوند و تنش آبی بر تعداد برگ معنی‌دار بود اما اثر متقابل آن‌ها تعداد برگ خیار را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار نداد (جدول ۲). به‌طوری‌که تعداد برگ پایه فلکسی‌فورت نسبت به گیاهان غیرپیوندی ۲۸ درصد افزایش نشان داد. همچنین در تیمار سطوح آبیاری تعداد برگ در رطوبت ۹۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تنش رطوبتی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی خاک ۱۱ درصد بیش‌تر بود (جدول ۳). فرهادی و همکاران (Farhadi *et al*., 2016) و نیلسن و همکاران (Nilsen *et al*., 2014) گزارش کردند که تعداد برگ در پایه شینتوزا نسبت به گیاهان غیرپیوندی افزایش قابل توجهی داشت. محققان متعددی اظهار داشته‌اند که پیوند هندوانه روی پایه‌های مختلف، رشد گیاه را افزایش می‌دهد (Hang *et al*., 2013 Potropoulos *et al*., 2012;). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده و متقابل پیوند و تنش رطوبتی بر وزن تر ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری که با کاهش رطوبت خاک از ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی وزن تر ریشه ۶۱ درصد کاهش یافت. از میان پایه‌های پیوندی، پایه فلکسی فورت از وزن تر بیشتری نسبت به سایر پایه‌ها برخوردار است و پس از آن به ترتیب پایه شینتوزا، پایه ناگن و در نهایت تیمار شاهد قرار دارد. تنش خشکی، رشد ریشه و در نتیجه آن، وزن ریشه را کاهش می‌دهد. گیاه در شرایط خشکی ترجیح می دهد بیشتر مواد فتوسنتزی خود را به ریشه اختصاص دهد تا اینکه این مواد را در ساقه و اندام‌های هوایی ذخیره کند زیرا با این عمل توانایی ریشه برای جذب مقدار بیشتری از آب موجود حفظ خواهد شد (Gregory *et al*., 1991; Asseng *et al*., 1998) همان‌طور که در شکل ۶ نیز نمایان است افزایش حجم ریشه در پایه‌های پیوندی به وضوح مشاهده می‌گردد.



شکل ۶- ریشه خیار گلخانه‌ای واریته 'Nagen 972' پیوند شده روی پایه‌های مختلف در تنش رطوبتی ۹۰ درصد ظرفیت زراعی

Figure 6- The roots of greenhouses cucumber var. 'Nagen 972'grafted on different rootstocks in 90% deficit irrigation of field capacity

جدول ۲ نشان می‌دهد که قطر ریشه اصلی نیز به طـور معنـی‌داری متأثر از اثر ساده و متقابل پیوند و تنش رطوبتی قرار گرفت. بـه طوری که قطر ریشه با افزایش شدت تنش رطوبتی از ۹۰ درصد بـه ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در تمام پایه‌ها افزایش نسبی نشان داد. البته در تیمار شاهد تغییری در قطر ریشه اصلی با افـزایش تـنش مشاهده نگردید. همچنین با کاهش رطوبت خاک قطر ریشه اصـلی پایـه‌هـای مختلف و تیمار شاهد به هم نزدیک شده و تاثیر تنش بر خصوصیات مورفولوژیکی ریشه کـاهش مـی یابـد، بـا توجـه بـه اینکـه یکـی از راهکارهای اصلی گیاه برای مقابله بـا تـنش رطـوبتی، توسعهٔ ریشـه است، بنابراین وزن و قطر ریشه می‌تواننـد معیارهـای مناسـبی بـرای انتخاب ارقام مقاوم باشند. در تحقیقی که توسط فرهـادی و همکـاران (Farhadi *et al.*, 2016) انجام شد پایه شینتوزا نیز نسبت بـه تیمـار شاهد دارای رشد ریشه بیشتری بوده و نسبت ریشه به سـاقه در ایـن نوع پیوند افزایش نشان داد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده و متقابل تنش آبی و پیونـد طـول ریشـه اصـلی را بـه طـور معنی‌داری تحت تأثیر قـرار داد (جـدول ۲). براسـاس نتـایج مقایسـه میانگین داده‌ها، در شرایط تنش یکسان، عمق ریشه در پایه کدوییان، نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته است، بیشـترین طـول ریشه مربوط به پایه فلکسی فورت بوده و پـس از آن پایـه شـینتوزا و ناگن در مکان‌های بعدی قرار گرفتنـد و تیمـار شـاهد نیـز در شـرایط رطوبتی مختلف دارای کمترین طول ریشه بود. عمق ریشه به واسطهٔ قدرت جذب آب از قسمت‌های پایین خاک که در کم‌آبیاری نسبت بـه سطح خاک دارای رطوبت بیشتری اسـت، بسـیار اهمیـت دارد. نتـایج نشان داد که محققان دیگر نیز نتایج مشابهی را مبنی بر افزایش عمق ریشه اصلی بر اثر تنش خشـکی و محـدودیت آب گـزارش نمـوده‌انـد (Asseng *et al.*, 1998; Shalaby *et al.*, 1991; Gregory *et al.*, 2022). لذا با توجه به نحوه مواجههٔ گیاه با تنش رطوبتی، بـرای انتخاب پایه‌های با عملکرد بالا، می‌توان انتخـاب را براسـاس قابلیـت افـزایش عمـق ریشـه بـه اعمـاق خـاک و جـذب آب انجـام داد (Simsek *et al.*, 2004; Traka-Mavrona *et al.*, 2000; Tuberosa 2011). در تحقیقی که توسط رافائل و همکاران (Rouphael *et al.*, 2010) انجام شد افزایش مقاومت پایه‌های پیوندی را نسبت بـه تنش رطوبتی در رابطه با عملکرد محصول، بـه افـزایش پارامترهـای مهم ریشه در جذب رطوبت از جمله طول، قطـر و حجـم ریشـه پایـه های پیوندی ارتباط داده شده است که با نتایج این تحقیـق مطابقـت می نماید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه فقـط اثـر سـاده تنش آبی تعداد ریشه جانبی را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد و اثر ساده پیوند و اثر متقابل آن‌ها تعداد ریشه جانبی را تحت تاثیر قـرار نداد. در رابطه با تعداد ریشه های جانبی نتایج نشان داد، افزایش تنش رطوبتی موجب افزایش تعداد ریشه های جانبی شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش آبی و پیوند بر خصوصیات رشد خیار واریته ’Nagen 972‘

Table 2- ANOVA for the effect of water stress and grafting on some growth traits in cucumber var. ‘Nagen 972’

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بازارپسند Marketable yield	تعداد برگ Leaf number	وزن تر ریشه Root fresh weight	قطر ریشه اصلی Main root diameter	طول ریشه اصلی Main root length
بلوک Block	2	112148	171.5	21.42	0.114	16.44
تنش آبی water stress	2	1693558**	109.77*	122.6**	0.225**	389**
خطای اصلی Main Plot Error	4	37894	115.7	10.36	0.065	219
پیوند Grafting	3	2571783	220.9**	966.1**	0.205**	107.7**
تنش آبی × پیوند Water stress×Grafting	6	837847	16.37^{ns}	187.4**	0.09	1430**
خطا ی فرعی Subplot Error	18	708.3	37.61	24.63	0.027	139.9
ضریب تغییرات C.V (%)		14	15.8	23	29	16

ns، ** و *: به‌ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

ns, ** and * non- significant and significant at the 1 and 5 % of probability levels, respectively.

تاثیر تنش آبی و پیوند برخصوصیات فیزیولوژیکی خیـار گلخانه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هدایت روزنه‌ای بـرگ به طور معنی‌داری متأثر از اثر ساده و متقابل تنش آبـی و پیونـد قـرار گرفت (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین هدایت روزنه‌ای برگ در پایـه فلکسی‌فورت آبیاری شده با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به‌دسـت آمد. در حالی‌که کمترین هدایت روزنه‌ای برگ در خیارهای پایه نـاگن و آبیاری شده با ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه حاصل شد (شکل ۷).

نتایج این تحقیق همسو با یافته‌های کیسر و همکاران (Caser et al., 2013) و آن‌ها نیز گزارش (Mugwanya et al., 2022) بود و کردند که با کاهش رطوبت خاک هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا می‌کند. هدایت روزنه‌ای تعرق را کاهش داده و نقش مهمی در تنظیم تعادل آب گیاه ایفا می‌کند همچنین کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش انبساط سلولی و میزان رشد گیاه می شود. بیشتر محققین بر این باور هستند که اولین واکنش در بیشتر گیاهان در معرض تنش خشکی شدید بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از اتلاف آب می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز هدایت روزنه‌ای در تنش خشکی ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به شدت کاهش یافته است. روزنه هم در فرایند تعرق و هم در فتوسنتز اهمیت اساسی دارد کاهش در هدایت روزنه‌ای برگ با کاهش در شدت آسیمیلاسیون دی اکسید کربن همراه است که این امر با توجه به شدت تنش و گونه گیاهی باعث کاهش یا افزایش در کارایی مصرف آب می‌شود. همچنین گزارش کردند که خیارهای پیوند شده روی لیف در مقایسه با خیارهای پیوند شده روی خود خیار در شرایط تنش آبی کمتر، هدایت روزنه‌ای بیشتری داشتند (نیلسن و همکاران (Nilsen et al., 2014).

جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر ساده تنش آبی، غلظت کلروفیل برگ را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد در حالی که اثر ساده پیوند و اثر متقابل آن‌ها غلظت کلروفیل را تحت تاثیر قرار نداد. به این صورت که با افزایش تنش خشکی غلظت کلروفیل برگ کاهش یافت (جدول ۵). کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش آبی می‌باشد (Lee et al., 2003; Pasrenese et al., 2005) کلروفیل‌متر اسپد برای اندازه‌گیری کمی شدت آسیب به برگ در اثر تنش‌های زیستی و غیرزیستی و همچنین به صورت محدود برای سنجش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

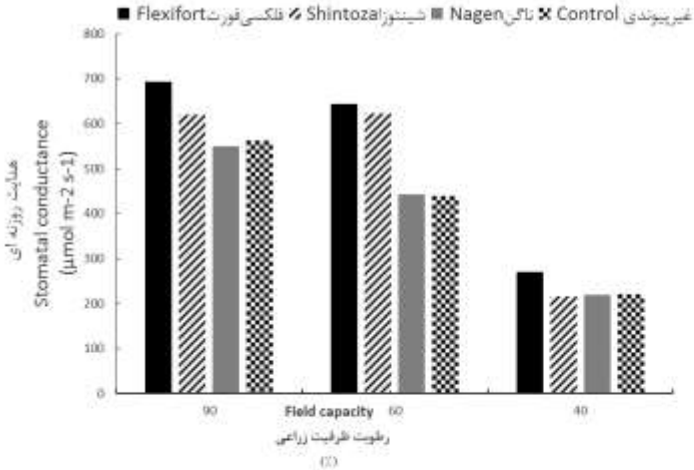
جدول ۳- اثر متقابل تنش آبی × پیوند بر خصوصیات رشدی خیار واریته 'Nagen 972'

Table 3- The interaction effect of water stress ×grafting on cucumber var. 'Nagen 972' growth traits

تنش آبی Water stress (% of FC)	پایه Rootstock	طول ریشه اصلی Main root length (cm)	قطر ریشه اصلی Main root diameter (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)
90	غیرپیوندی Control	42.5[ef]	0.5[e]	11[ef]
	ناگن Nagen	42.7[ef]	0.4[e]	10.8[ef]
	شینتوزا Shintoza	132.5[a]	0.9[ef]	34.5[b]
	فلکسی‌فورت Flexifort	148[a]	0.933[ab]	43.7[a]
60	غیرپیوندی Control	38.3[f]	0.5[cd]	11[ef]
	ناگن Nagen	72.33[cf]	0.6[bcd]	17.95[de]
	شینتوزا Shintoza	85[bc]	1[a]	17.4[e]
	فلکسی‌فورت Flexifort	96[b]	0.833[abc]	31.76[b]
40	غیرپیوندی Control	33.5[f]	0.5[cd]	22.7[cd]
	ناگن Nagen	37.5[f]	0.5[cd]	7.3[f]
	شینتوزا Shintoza	60.5[de]	0.4[d]	17.5[de]
	فلکسی‌فورت Flexifort	90.3[bc]	0.5[cd]	30[bc]

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح پنج درصد است.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% of probability level based on DMRT.



شکل ۷- هدایت روزنه‌ای خیار گلخانه‌ای واریته ‘Nagen 972’ پیوند شده روی پایه‌های مختلف در شرایط مختلف تنش رطوبتی

Figure 7- The stomatal conductance of greenhouse cucumbers var. ‘Nagen 972’ grafted on different rootstocks in variouslevels of water stress (DMRT, *p≤0.05*)

کاهش غلظت کلروفیل تحت تنش آبی ممکن است به خاطر بـه حداقل رساندن جذب نور توسـط کلروپلاسـت و همچنـین بـه علـت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد است که این رادیکال‌هـای آزاد باعـث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شود (Potropoulos et al., 2012; Castrillo et al., 1998). همچنین جـدول ۴ نشـان می‌دهد که نشت الکترولیت برگ فقط متأثر از اثر ساده پیوند و تـنش آبی قرار گرفت ولـی اثـر متقابـل آن‌هـا بـه طـور معنـی‌داری نشـت الکترولیت را تحت تاثیر قرار نداد. مقایسه میانگین نتایج نشان داد کـه با تشدید تیمار تنش آبی نشت الکترولیت برگ بیشتر شد و پایـه‌هـای پیوندی در مقایسه با پایه‌های بدون پیونـد نشـت الکترولیـت کمتـری داشتند (جدول ۵). نشت الکترولیت شاخص آسیب غشاء می‌باشـد کـه در شرایط تنش به شدت افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای با پیوند نمودن گوجه‌فرنگی بر روی بادمجان نشت الکترولیت کاهش پیدا کرد که این موضوع نشان‌دهنده آسیب غشایی کمتر و توانایی بیشـتر بـرای حفـظ مواد محلول و آب می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تنش آبی و پیوند بر برخی خصوصیات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار واریته ‘Nagen 972’

Table 4- ANOVA for the effect of water stress and grafting on some morphological and physiological traits of cucumber var. ‘Nagen 972’

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ریشه جانبی Number of lateral roots	محتوی کلروفیل Chlorophyll content	هدایت روزنه‌ای Stomata conductance	نشت الکترولیک Electrolyte leakage
بلوک Block	2	0.194	10.33	400300	4.42
تنش آبی water stress	2	26.77	70.06**	412800**	122.99**
خطای اصلی Main Plot Error	4	1.028	61.31	1485	4.13
پیوند Grafting	3	13.95	28.90ns	44993**	10.03**
تنش آبی × پیوند × Grafting Water stress	6	4.704	0.659**	5667**	0.153ns
خطا ی فرعی Subplot Error	18	4.78	12.6	613.4	0.894
ضریب تغییرات (%) C.V		29	8	5.3	2.22

ns، ** و *: به‌ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * non- significant and significant at the 1 and 5 % of probability level, respectively

جدول ۵- اثر ساده تنش آبی و پیوند بر خصوصیات موفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار واریته 'Nagen 972'

Table 5- The simple effect of water stress and grafting on morphological and physiological traits of cucumber var. 'Nagen 972'

تیمار Treatment	تعداد برگ Leaf number	تعداد ریشه جانبی Number of lateral roots	محتوی کلروفیل Chlorophyll content	نشت الکترولیت Electrolyte leakage
تنش آبی (ظرفیت زراعی) water stress				
90	42.16^{a}	6.41^{b}	46.47^{a}	38.91^{c}
60	37.5^{b}	6.58^{b}	44.1^{ab}	43.3^{b}
40	36.5^{b}	9.08^{a}	41.64^{b}	45.14^{a}
پایه‌ها				
غیرپیوندی Control	43.66^{a}	8.66^{a}	42.1^{a}	43.48^{a}
ناگن Nagen	34.44^{b}	7.55^{a}	42.36^{a}	43.24^{a}
شینتوزا Shintoza	41.44^{a}	5.66^{a}	45.87^{a}	41.65^{a}
فلکسی‌فورت Flexifort	44.33^{a}	7.55^{a}	45.34^{a}	44.33^{b}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون جنددامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Same letters in each column indicate no significant difference between treatments at 5% of probability level based on DMRT.

جدول ۶- ضرایب همبستگی پیرسون صفات مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی و پایه‌های مختلف

Table 6- Pearson correlation coefficients of the traits under water stress conditions and different rootstocks

		تنش آبی Water stress	قطر ریشه اصلی Main root diameter (cm)	تعداد ریشه های جانبی Number of lateral roots	وزن تر ریشه Root freshweight (g)	طول ریشه اصلی Main root lenght (cm)	عملکرد میوه Fruit yield (kg.plant^{-1})
میزان تنش Water stress	ضریب همبستگی Pearson Correlation	1	-0.246	0.32	-0.121	-0.206	0.245
	سطح معنی دار Sig. (2-tailed)		0.19	0.085	0.54	0.28	0.193
قطر ریشه اصلی Main root diameter (cm)	ضریب همبستگی Pearson	-0.246	1	-0.373*	0.747	0.631**	0.42*
	سطح معنی دار Sig. (2-tailed)	0.19		0.42	0	0	0.021
تعداد ریشه های جانبی Number of lateral roots	ضریب همبستگی Pearson	0.32	-0.373*	1	-0.317	-0.454*	0.036
	سطح معنی دار Sig. (2-tailed)	0.085	0.042		0.88	0.013	0.852
وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	ضریب همبستگی Pearson	-0.121	0.847**	0.317**	1	0.598**	0.505**
	سطح معنی دار Sig. (2-tailed)	0.524	0	0.088		0.001	0.004
طول ریشه اصلی Main root length (cm)	ضریب همبستگی Pearson	-0.206	0.631**	-0.454**	0.598	1	0.329
	سطح معنی دار Sig. (2-tailed)	0.283	0	0.013	0.001		0.082
عملکرد میوه Fruit yield (kg.plant^{-1})	ضریب همبستگی	0.245	0.42**	0.036	0.505**	0.329	1
	سطح معنی دار	0.193	0.021	0/823	0.004	0.082	

*. معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **. معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at *p≤0.01* (2-tailed). *: significant at *p≤0.05* (2-tailed).

در طی تنش خشکی گیاهان مواد محلول را بـرای جلـوگیری از اتلاف آب انباشته می‌کنند و فشار تورژسانس خود را حفـظ مـی‌کننـد این مواد محلول شامل یون‌هایی مثل پتاسیم و سدیم و مواد محلـول آلی از قبیل پرولین، اسیدهای آمینه، قندهای محلـول و پلـی‌آمـین‌هـا می‌باشد. با بررسی ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در پایه‌های مختلف (جدول ۶) مشخص می‌گردد که میزان عملکرد، رابطه مثبت و معنی‌دارای در سطح یک درصد با طـول، قطـر و وزن ریشـه دارد. در این رابطه اگرچه همبستگی مثبتی بین سطوح تنش و میزان عملکـرد میوه وجود دارد، لیکن این همبستگی در سـطوح یـک درصـد و پـنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد و این مـی‌توانـد بـه دلیـل حساسـیت کمتـر پایه‌های کدو به افزایش تنش رطوبتی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش رطوبتی اثر نامطلوبی بر عملکـرد، تعـداد برگ و خصوصیات ریشه، غلظت کلروفیل، هـدایت روزنـه‌ای بـرگ و نشت الکترولیت داشت. گیاهـان پیونـدی روی پایـه فلکسـی‌فـورت و شینتوزا دارای عملکرد بیشـتر و رشـد ریشـه و انـدام‌هـوایی بهتـر در مقایسه با گیاهان غیرپیوندی نشان دادند. بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین عملکرد در پایه‌های رویشی فلکسی‌فورت و شینتوزا با سـطح آبیاری ۹۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به‌دست آمد.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت معاونـت محتـرم پژوهشـی دانشـگاه محقـق اردبیلی، تهیه شده است و از ایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Al-Debei H.S., Makhadmeh I., Abu-Al Ruz I., Al-Abdallat A.M., Ayad J.Y., and Al Amin N. 2012. Influence of different rootstocks on growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus L.*) under the impact of soil-borne pathogens in Jordan. Journal of Food, Agriculture & Environment 10(2): 343-349.
2. Alomran A.M., Louki I.I., Aly A.A., and Nadeem M.E. 2013. Impact of Deficit Irrigation on Soil Salinity and Cucumber Yield under Greenhouse Condition in an Arid Environment. Journal Agriculture Science Technology 15: 1247-1259.
3. Amer K.H., Sally A.M., and Jerry L.H.2009. Effect of Deficit Irrigation andFertilization on Cucumber. Agronomy Journal 101: 1556–1564. https://doi.org/10.2134/agronj2009.0112.
4. An Y.Y., and Liang Z.S. 2013. Drought tolerance of Periploca sepium during seed germination: antioxidant defense and compatible solutes accumulation. Acta Physiological Plant 35: 959–967. https://doi.org/10.1007/s11738-012-1139-z.
5. Asseng A., Ritchia J.T., and Smuchker A.J.M. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265-273. https://doi.org/10.1023/A:1004317523264.
6. Ayas S., and Demirtaş Ç. 2009. Deficit irrigation effects on cucumber (*Cucumis sativus* L. Maraton) yield in unheated greenhouse condition. Journal of Food, Agriculture & Environment 7 (3&4): 645–649.
7. Buttaro D., Santamaria P., Signore A., Cantore V., Boari F., Montesano F., and Parente A. 2015. Irrigation management of greenhouse tomato and cucumber usingtensiometer: effects on yield, quality and water use. Agric. Agric. Sci. Procedia 4: 440–444. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.050.
8. Cakir R., Cebib U. K., Altintasc S., and Ozdemirba A. 2017. Irrigation scheduling and water use efficiency of cucumber grown as aspring-summer cycle crop in solar greenhouse. Agricultural Water Management 180 :78–87. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.023.
9. Caser M., Scariot V., Gaino W., Larcher F., and Devecchi M. 2013. The effects of sodium chloride on the aesthetic value of *Buxus* spp. European Journal of Horticultural Science 78:153–159.
10. Castelli F., Contillo R., and Miceli F. 1996. Non-destructive determination of leaf chlorophyll content in four crop species. Journal of Agricultural and Crop Science 4: 275–283. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00246.x.
11. Castrillo M., and Calcargo A.M. 1998. Effects of water stress and rewatering on ribulose-1,5bisphosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. Journal of Horticulture Science 64: 717-724. https://doi.org/10.1080/14620316.1989.11516014.
12. Colla G., Rouphael Y., Cardarelli M., Salerno A., and Rea E. 2010. The effectiveness of grafting to improve alkalinity tolerance in watermelon. Environment Experiment Botany 68: 283–291. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.12.005.
13. Davis R.A., Perkins-Veazie P., Hassell R., Levi A., King S.R., and Zhang X. 2008. Grafting Effects on Vegetable Quality. Hort Science 43(6): 1670-1672. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1670.
14. Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage paper no. 33.

15. Edelstein M., Burger Y., Horev C., Porat A., Meir A., and Cohen, R. 2004. Assessing the effect of genetic and anatomic variation of Cucurbita rootstocks on vigour, survival and yield of grafted melons. Journal Horticulture Science Biotechnology 79: 370–374. https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511775.
16. Farhadi A., Aroeii H., Nemati H., Salehi R., and Giuffrida F. 2016. The Effectiveness of Different Rootstocks for Improving Yield and Growth of Cucumber Cultivated Hydroponically in a Greenhouse. Horticulturae 2(1): 1-7. https://doi.org/10.3390/horticulturae2010001.
17. Fotoohie g\Ghazvini R., Haidary M., Hashempur A. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants (Tranlate). Jahad Daneshgahi Publications of Mashhad, Razavi Khorasan Province. 2011, Pp, 360. (In Persian)
18. Gregory P., Baum A., and Yambao J. 1991. The fate of carbon in pulse-labelled crops of barley and wheat. Plant& Soil Science 136: 205-213.
19. Hang Y., Li J., Hua B., Liu Z.X., Fan M.L., and Bie Z.L. 2013. Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium. Science Horticulture 149: 80-85. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.009.
20. Lee J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. Hort Science 29: 235-239. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.4.235.
21. Lee S.G., Choi J.U., Kim K.Y., Chung J.H., and Lee. Y.B. 1997. Effect of rootstocks and grafting methods on the growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). RDA. Journal of Horticultural Science 39: 15-20.
22. Lee J.M. 2003. Advances in vegetable grafting. Chron. Horticulture 43: 13-19 .
23. Lopez-Galarza S., San Bautista A., Perez D.M., Miguel A., Baixauli C., Pascual B., Maroto J.V., and Guardiola J.L. 2004. Effects of grafting and cytokinin-induced fruit setting on colour and sugar-content traits in glasshouse-grown triploid watermelon. Journal Horticulture Science Biotechnology 79: 971–976. https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511875.
24. Mao X., Liu M., Wang X., Hou C.Z., and Shi J. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plain. Agriculture Water Managment 61(3): 219-228. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00022-2.
25. Marsic K.N., and Jakse M. 2010. Growth and yield of grafted cucumber (*Cucumis sativus* L.) on different soilless substrates. Journal of Food, Agriculture & Environment 8(2): 654–658.
26. Mugwanya M., Kimera F., and Dawood M. 2022. Elucidating the effects of combined treatments of salicylic acid and l-Proline on greenhouse-grown cucumber under saline drip irrigation. Journal Plant Growth Regul. https://doi.org/10.1007/s00344-022-10634-0.
27. Nilsen E.T., Freeman J., Grene R., and Tokuhisa J. 2014. A rootstock provides water conservation for a grafted commercial tomato (*Solanum lycopersicum* L.) line in response to mild-drought conditions: a focus on vegetative growth and photosynthetic parameters. Plos One. 9(12): 1-22. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115380.
28. Pasrenese C., Pimentel P., and Lillo J. 2005. Leaf movements and photo inhibition in relation to water stress in field-grown beans. Journal of Experimental Botany 56: 425–433. https://doi.org/10.1093/jxb/eri061.
29. Potropoulos S.A., Khah E.M., and Passam H.C. 2012. Evaluation of rootstocks for watermelon grafting with reference to plant development, yield and fruit quality. International Journal Plant Production 6: 481-492.53(373): 1503-1514. https://doi.org/10.22069/ijpp.2012.761.
30. Tuberosa R. 2011. Phenotyping for drought tolerance of cropin the genomics era: Key concepts, issues and approaches. University of Bolongna, Italy. Frontiers in Physiology Journal 3: 1-26. https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00347.
31. Rouphael Y., Schwarz D., Krumbein A., and Colla G. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. Science Hortculture 127: 172–179. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.001.
32. Simsek M., Kacura M., and Tonkaz T. 2004. The effects of different irrigation regimes on watermelon [*Citrillus lanatus (Thunb.)*] yield and yield components under semi-arid climatic conditions. Australian Journal Agriculture Resource 55: 1149–1157. https://doi.org/10.1071/AR03264.
33. Schwarz D., Rouphael Y., Colla G., and Venema J.H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. Science Horticulture 127: 162–171. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.09.016.
34. Shalaby T.A., Taha N.A., Rakha M.T., El-Beltagi H.S., Shehata W.F., Ramadan K.M.A., El-Ramady H., and Bayoumi Y.A. 2022. Can grafting manage fusarium wilt disease of cucumber and increase productivity under heat stress? Plants 11(9): 1147. https://doi.org/10.3390/plants11091147.
35. Traka-Mavrona E., Koutsika-Sotiriou M., and Pritsa T. 2000. Response of squash (Cucurbita spp.) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Horticulturae 83: 353-362. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00088-6.
36. Zhao G., Ma B., and Ren, C. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science 47(1): 123-131. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0371.